

Termometría de contacto: Una referencia práctica para la medición de temperatura en el laboratorio y en la industria.

Autor: Víctor Martínez Fuentes

ISBN: 978-1-520-41901-5

ASIN: B01MRV13KA

La EIT-90 definida por el termómetro de resistencia de platino

Como se muestra arriba, el termómetro de resistencia de platino define la escala en el intervalo que va de 13.8033 K hasta 961.78 °C al interpolar temperaturas entre puntos fijos, cuando el termómetro se calibra en ellos. Adicionalmente, el termómetro debe cumplir con ciertos requisitos que se describen más adelante.

Los puntos fijos definitorios de la EIT-90 se listan en la tabla 1.1.

El termómetro de resistencia de platino.

Un solo termómetro no se puede usar para definir todo el intervalo de la escala y para su uso, se requiere de ciertas buenas prácticas que se detallan en la referencia.

Las temperaturas se determinan en términos de la relación de resistencia $R(T_{90})$ a la temperatura T_{90} y la resistencia $R(273.16K)$ en el punto triple del agua (PTA). Esta relación $W_{T_{90}}$ está dada como:

$$W(T_{90}) = R(T_{90})/R(273.16 K) \quad (1.3)$$

Pero para que un termómetro de resistencia de platino sea aceptable debe:

- 1) estar hecho de platino puro,
- 2) ser libre de esfuerzos y
- 3) satisfacer una de las dos relaciones siguientes:

$$W(29.7646 \text{ } ^\circ\text{C}) \geq 1.11807$$

$$W(-38.8344 \text{ } ^\circ\text{C}) \leq 0.844235$$

y si se usa hasta el punto de solidificación de la plata:

$$W(961.78 \text{ } ^\circ\text{C}) \geq 4.2844$$

y como se observa en la tabla 1.1 y de acuerdo a la definición de W , la W de referencia (W_r) vale 1 en el punto triple del agua (PTA).

Tabla 1.1. Puntos definitorios de la EIT-90 para calibración de termómetros de resistencia de platino

T_{90} / K	$t_{90} / ^\circ\text{C}$	Substancia	Estado	$W_r(T_{90})$
13.8033	- 259.3467	e-H ₂	T	0.001 190 07
24.5561	- 248.5939	Ne	T	0.008 449 74
54.3584	- 218.7916	O ₂	T	0.091 718 04
83.8058	-189.3442	Ar	T	0.215 859 75
234.3156	-38.8344	Hg	T	0.844 142 11
273.16	0.01	H ₂ O	T	1.000 000 00
302.9146	29.7646	Ga	F	1.118 138 89
429.7485	156.5985	In	S	1.609 801 85
505.078	231.928	Sn	S	1.892 797 68
692.677	419.527	Zn	S	2.568 917 30
933.473	660.323	Al	S	3.376 008 60
1234.93	961.78	Ag	S	4.286 420 53

Donde el estado T en la tabla corresponde a punto triple; F a punto de fusión y S a punto de solidificación donde la temperatura de estos dos últimos corresponde a una presión de 101 325 Pa. Obsérvese que W_r vale 1 en el punto triple del agua (PTA).

Funciones de Referencia

Como se mencionó arriba, los termómetros de resistencia de platino son los instrumentos de interpolación entre puntos fijos y las ecuaciones de interpolación son las funciones de referencia.

Las funciones de referencia, que relacionan la W con la temperatura, están dadas en dos intervalos:

i) de 13.8033 K hasta 273.16 K

$$[W_r(T_{90})] = A_0 + \sum_{i=1}^{12} A_i \left[\frac{(T_{90}/273.16 \text{ K}) + 1.5}{1.5} \right]^i \quad (1.4)$$

y la función inversa (dentro de 0.1 mK)

$$T_{90}/273.16 \text{ K} = B_0 + \sum_{i=1}^{15} B_i \left[\frac{W_r(T_{90})^{1/6} - 0.65}{0.35} \right]^i \quad (1.5)$$

ii) De 0 °C a 961.78 °C

$$W_r(T_{90}) = C_0 + \sum_{i=1}^9 C_i \left[\frac{T_{90} - 754.15}{481} \right]^i \quad (1.6)$$

y la función inversa (dentro de 0.13 mK)

$$T_{90} - 273.15 \text{ K} = D_0 + \sum_{i=1}^9 D_i \left[\frac{W_r(T_{90}) - 2.64}{1.64} \right]^i \quad (1.7)$$

Donde los coeficientes están dados en la tabla 1.2:

Tabla 1.2. Tabla de coeficientes A_i , B_i , C_i y D_i de las funciones de referencia

Coeficientes A_i		Coeficientes B_i		Coeficientes C_i		Coeficientes D_i	
A_0	-2.13534729	B_0	0.183324722	C_0	2.78157254	D_0	439.932854
A_1	3.18324720	B_1	0.240975303	C_1	1.64650916	D_1	472.418020
A_2	-1.80143597	B_2	0.209108771	C_2	-0.13714390	D_2	37.684494
A_3	0.71727204	B_3	0.190439972	C_3	-0.00649767	D_3	7.472018
A_4	0.50344027	B_4	0.142648498	C_4	-0.00234444	D_4	2.920828
A_5	-0.61899395	B_5	0.077993465	C_5	0.00511868	D_5	0.005184
A_6	-0.05332322	B_6	0.012475611	C_6	0.00187982	D_6	-0.963864
A_7	0.28021362	B_7	-0.032267127	C_7	-0.00204472	D_7	-0.188732
A_8	0.10715224	B_8	-0.075291522	C_8	-0.00046122	D_8	0.191203
A_9	-0.29302865	B_9	-0.056470670	C_9	0.00045724	D_9	0.049025
A_{10}	0.04459872	B_{10}	0.076201285				
A_{11}	0.11868632	B_{11}	0.123893204				
A_{12}	-0.05248134	B_{12}	-0.029201193				
		B_{13}	-0.091173542				
		B_{14}	0.001317696				
		B_{15}	0.026025526				

Funciones de desviación

Las funciones de referencia corresponden al caso de un termómetro que se comporta idénticamente a los valores de esas referencias. Pero esto nunca sucede así, los termómetros reales se desvían un poco de estas funciones de referencia y entonces, la forma de caracterizar tal desviación se realiza construyendo funciones de desviación ΔW a partir de las desviaciones de las W experimentales (medidas) con respecto a las W_r de la función de referencia en las temperaturas de los puntos fijos

durante la calibración del termómetro. Se obtiene una desviación $\Delta W = W - W_r$ para cada punto fijo que se utilice en la calibración. Los puntos fijos de calibración y las constantes que se obtienen de las desviaciones en esos puntos fijos se muestran en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Puntos fijos y funciones de referencia para calibrar termómetros de resistencia de platino en cada subintervalo.

Subintervalos [°C]	Puntos fijos de calibración	Función de desviación
38.8344 a 29.7646	Hg, PTA y Ga	$\Delta W = a(W - 1) + b(W - 1)^2$
0 a 29.7646	PTA y Ga	$\Delta W = a(W - 1)$
0 a 156.5985	PTA y In	$\Delta W = a(W - 1)$
0 a 231.928	PTA, In y Sn	$\Delta W = a(W - 1) + b(W - 1)^2$
0 a 419.527	PTA, Sn y Zn	$\Delta W = a(W - 1) + b(W - 1)^2$
0 a 660.323	PTA, Sn, Zn, y Al	$\Delta W = a(W - 1) + b(W - 1)^2 + c(W - 1)^3$
0 a 961.78	PTA, Sn, Zn, Al y Ag	$\Delta W = a(W - 1) + b(W - 1)^2 + c(W - 1)^3 + d(W - W_{660.323})^2$

Calibración de termómetros de resistencia de platino en puntos fijos

Se ha mencionado a la trazabilidad como la propiedad de un resultado que una medición que puede relacionarse a referencias establecidas, usualmente nacionales o internacionales, a través de una cadena continua de calibraciones cada una con incertidumbre declarada. Las calibraciones son las comparaciones que establecen los eslabones de la cadena de trazabilidad.

La EIT-90 posibilita a los usuarios, que requieren alta exactitud, establecer la escala por ellos mismos. Este proceso se facilita por la disponibilidad comercial de equipos e instrumentos aunado con la relativa facilidad de su uso. En la tabla 1.4 se muestran las incertidumbres alcanzadas por las celdas de punto fijo para un laboratorio primario (del nivel de laboratorio nacional) y para un laboratorio secundario o industrial.